

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. März 2004 (11.03.2004)

PCT

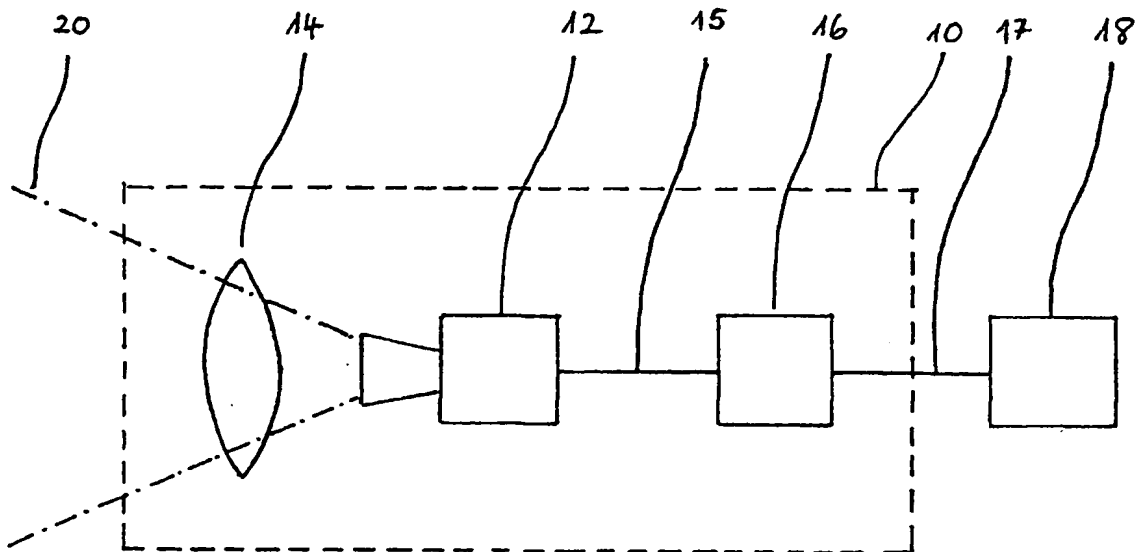
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/021696 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H04N 5/217 (72) Erfinder; und
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002101 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ROESSIG, Christoph [DE/DE]; Am Burghof 5A, 31139 Hildesheim (DE). LOREI, Marcus [DE/DE]; Ottemerstrasse 4, 38102 Braunschweig (DE). HUERTGEN, Bernd [DE/DE]; Dietrich-Bonhoeffer-Strasse 4, 31079 Sibbesse (DE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 24. Juni 2003 (24.06.2003)
(25) Einreichungssprache: Deutsch
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
(30) Angaben zur Priorität: 102 39 994.8 27. August 2002 (27.08.2002) DE (74) Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE). (81) Bestimmungsstaat (national): US.
(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR CORRECTING IRREGULARITIES OF AN IMAGE IN AN IMAGE SENSOR SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR KORREKTUR VON UNGLEICHMÄSSIGKEITEN EINES BILDES EINES BILDSSENSORSYSTEMS



(57) Abstract: The invention relates to a method for correcting irregularities of at least one part of at least one image of an image sensor system, said image sensor system comprising at least one image sensor. The irregularities of the image of the image sensor system are corrected in a light-dependent manner. The invention also relates to an image sensor system comprising at least one image sensor. Said image sensor system comprises means for correcting irregularities in a light-dependent manner in at least one part of at least one image in an image sensor system.

(57) Zusammenfassung: Es wird Verfahren zur Korrektur von Ungleichmässigkeiten wenigstens eines Teils wenigstens eines Bildes eines Bildsensorsystems vorgeschlagen, wobei das Bildsensorsystem aus wenigstens einem Bildsensor besteht. Die Ungleichmässigkeiten des Bildes des Bildsensorsystems

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/021696 A1



Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

werden beleuchtungsabhängig korrigiert. Des weiteren wird ein Bildsensormodul mit wenigstens einem Bildsensor vorgeschlagen, wobei das Bildsensormodul Mittel aufweist, um Ungleichmässigkeiten wenigstens eines Teils wenigstens eines Bildes des Bildsensormoduls beleuchtungsabhängig zu korrigieren.

AP20 Rec'd PCT/PTO 05 JUN 2006

5

10 Verfahren zur Korrektur von Ungleichmäßigkeiten eines Bildes eines Bildsensorsystems

Stand der Technik

15 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Korrektur von Ungleichmäßigkeiten wenigstens eines Teils wenigstens eines Bildes eines Bildsensorsystems, wobei das Bildsensorsystem aus wenigstens einem Bildsensor besteht. Des weiteren betrifft die Erfindung ein Bildsensorsystem mit wenigstens einem Bildsensor und ein Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, um alle Schritte des Verfahrens durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer ausgeführt wird.

20 Bei Bildsensoren unterscheidet man zwischen CCD-Bildsensoren und CMOS-Bildsensoren. In digitalen Fotoapparaten und Videokameras werden überwiegend CCD-Bildsensoren eingesetzt. Da CCD-Bildsensoren aufgrund von technologisch bedingten Eigenschaften nur bedingt für den Einsatz im Automotiv-Bereich geeignet sind, ist im Bereich von Kraftfahrzeugen der Einsatz von CMOS-Bildsensoren geplant. CMOS-Bildsensoren zeichnen sich gegenüber den CCD-

25 Bildsensoren durch eine größere Beleuchtungsdynamik und durch geringere Artefakte beim Auftreten von großen Kontrasten aus, wie sie bei Blendung durch entgegenkommende Fahrzeuge beim Einsatz der Bildsensoren in Kraftfahrzeugen auftreten. Darüber hinaus ist die CMOS-Technologie dazu geeignet, neben der Bildaufnahmeelektronik auch Logik auf dem

30 Bildsensor unterzubringen. Diese Eigenschaften zeichnen die CMOS-Bildsensoren für den Einsatz im Automotiv-Bereich aus.

Bei Bildsensoren, insbesondere CMOS-Bildsensoren, entstehen Ungleichmäßigkeiten des Bildes beispielsweise durch das sogenannte Fixed Pattern Noise (FPN). Darunter versteht man

NO. 26 0141319-000154A

die räumliche Variation des Ausgangswertes der Pixel bei gleichförmiger Beleuchtung des Bildsensors. Das Fixed Pattern Noise (FPN) entsteht dadurch, dass die Kennlinien der Beleuchtungsempfindlichkeit der Pixel auf einem CMOS-Bildsensor nicht identisch parametrisiert sind, d.h. bei gleicher Beleuchtung ergeben sich bei unterschiedlichen Pixeln unterschiedliche Ausgangswerte.

Vorteile der Erfindung

Das nachfolgend beschriebene Verfahren zur beleuchtungsabhängigen Korrektur von Ungleichmäßigkeiten wenigstens eines Teils wenigstens eines Bildes eines Bildsensorsystems, insbesondere die beleuchtungsabhängige Korrektur von Ungleichmäßigkeiten der Helligkeit wenigstens eines Bildpunktes des Bildes und/oder wenigstens eines Teilbereiches des Bildes, hat den Vorteil, dass es möglich ist, das Bildsensorsystem bei extremen Helligkeitsänderungen einzusetzen. Durch die Anpassung der Korrektur der Ungleichmäßigkeiten des Bildes des Bildsensorsystems an den jeweiligen Arbeitspunkt, festgelegt durch die Beleuchtung, werden die Bildfehler reduziert, die durch das Bildsensorsystem verursacht werden. In besonders vorteilhafter Weise ermöglicht das beschriebene Verfahren den Einsatz von Bildsensorsystemen im Automotiv-Bereich. Beim Einsatz von Bildsensorsystemen in Kraftfahrzeugen im Tag- und Nachtbetrieb werden hohe Anforderungen an eine Korrektur von Ungleichmäßigkeiten des Bildes auch bei extremen Helligkeitsunterschieden gestellt. Durch das Verfahren wird die Bildqualität im gesamten Arbeitsbereich des Bildsensorsystems erhöht. Allgemein ermöglicht das beschriebene Verfahren in vorteilhafter Weise den Einsatz eines Bildsensorsystems in Anwendungen, die unter extremen Beleuchtungsbedingungen betrieben werden, beispielsweise direkt einfallendes helles Sonnenlicht oder eine dunkle Nacht. Diese Vorteile gelten für das Verfahren selbst und für ein Bildsensorsystem, das Mittel zur beleuchtungsabhängigen Korrektur von Ungleichmäßigkeiten wenigstens eines Teils wenigstens eines Bildes ausweist, insbesondere für ein Bildsensorsystem das Mittel zur beleuchtungsabhängigen Korrektur von Ungleichmäßigkeiten der Helligkeit wenigstens eines Bildpunktes des Bildes und/oder wenigstens eines Teilbereiches des Bildes aufweist.

Vorteilhaft ist, dass die Korrektur von Ungleichmäßigkeiten wenigstens eines Bildpunktes des Bildes und/oder wenigstens eines Teilbereiches des Bildes des Bildsensorsystems durch Ermittlung eines lokal und/oder global bestimmten Beleuchtungsmaßes beleuchtungsabhängig erfolgt. Für die Ermittlung eines lokalen Beleuchtungsmaßes wird dabei wenigstens ein

Bildpunkt und/oder wenigstens ein Teilbereich des Bildes des Bildsensorsystems verwendet. Der Grauwert eines Bildpunktes eines Bildsensorsystems oder der Mittelwert der Grauwerte eines Bildpunktes und von Bildpunkten aus dessen Umgebung sind Beispiele für ein lokal bestimmtes Beleuchtungsmaß. Ein global bestimmtes Beleuchtungsmaß ist dadurch festgelegt, dass zu dessen Bestimmung das gesamte vom Bildsensor gelieferte Bild verwendet wird. Beispielsweise ist der Mittelwert aller Grauwerte der Bildpunkte eines Bildes ein global bestimmtes Beleuchtungsmaß. Durch die Ermittlung eines lokal und/oder global bestimmten Beleuchtungsmaßes wird in vorteilhafter Weise die individuelle Korrektur von Ungleichmäßigkeiten wenigstens eines Bildpunktes des Bildes und/oder eines Teilbereiches des Bildes ermöglicht. Dies führt zu einer optimalen Korrektur von Ungleichmäßigkeiten wenigstens eines Teils wenigstens eines Bildes. Diese Vorteile gelten für das Verfahren selbst und für ein Bildsensorsystem mit Mittel, welche die beleuchtungsabhängig Korrektur von Ungleichmäßigkeiten wenigstens eines Bildpunktes des Bildes und/oder wenigstens eines Teilbereiches des Bildes des Bildsensorsystems durch Ermittlung eines lokal und/oder global bestimmten Beleuchtungsmaßes ermöglichen.

In besonders vorteilhafter Weise ist das Verfahren zur Korrektur des Fixed-Pattern-Noise (FPN) des Bildsensors und/oder wenigstens einer weiteren Ungleichmäßigkeit des wenigstens einen Teils des Bildes des Bildsensorsystems geeignet. Unter dem Fixed-Pattern-Noise versteht man die räumliche Variation des Ausgangswertes der Pixel bei gleichförmiger Beleuchtung des Bildsensors. In vorteilhafter Weise ermöglicht das Verfahren alternativ oder gleichzeitig die Korrektur wenigstens einer weiteren Ungleichmäßigkeit wenigstens eines Teiles des Bildes. Das Verfahren ermöglicht die Korrektur der radiometrischen Objektivinhomogenitäten, insbesondere der Objektivrandabschattung. Beim Einbau des Bildsensorsystems in ein Kraftfahrzeug, beispielsweise an die Innenseite einer Windschutzscheibe, gestattet das nachfolgend beschriebene Verfahren eine Korrektur der Ungleichmäßigkeiten des Bildes infolge von Inhomogenitäten der Windschutzscheibe. In besonders vorteilhafter Weise ermöglicht das Verfahren die Korrektur von Ungleichmäßigkeiten wenigstens eines Teils wenigstens eines Bildes eines Bildsensorsystems, wobei das Bildsensorsystem aus wenigstens einem Bildsensor besteht, wobei die Ungleichmäßigkeiten des Bildes des Bildsensorsystems beleuchtungsabhängig korrigiert werden, wobei das Fixed-Pattern-Noise (FPN) des Bildsensors und die Objektivinhomogenitäten korrigiert werden. Durch diese helligkeitsadaptive Fixed-Pattern-Noise (FPN) -Nachkorrektur des vom Bildsensor gelieferten Ur-Bildes werden in vorteilhafter Weise gleichzeitig Objektivinhomogenitäten korrigiert. Das Ur-Bild des

Bildsensors kann teilweise korrigiert sein oder unkorrigiert vorliegen. Diese Vorteile gelten für das beschriebene Verfahren selbst und für ein Bildsensorsystem, das Mittel zur Korrektur des Fixed-Pattern-Noise (FPN) des Bildsensors und/oder wenigstens einer weiteren Ungleichmäßigkeit des wenigstens einen Teils des Bildes des Bildsensorsystems, insbesondere Objektivinhomogenitäten, aufweist.

Vorteilhaft ist die Ermittlung wenigstens eines beleuchtungsabhängigen Korrektur-Offsets und/oder wenigstens eines beleuchtungsabhängigen Korrekturwerts und/oder wenigstens einer beleuchtungsabhängigen Korrekturfunktion für wenigstens einen Bildpunkt des Bildes und/oder wenigstens einen Teilbereich des Bildes und die Verwendung des Korrektur-Offsets und/oder des Korrekturwerts und/oder der Korrekturfunktion zur Korrektur von Ungleichmäßigkeiten des Bildes des Bildsensorsystems. Die Korrektur-Offsets und/oder die Korrekturwerte und/oder die Korrekturfunktionen werden in vorteilhafter Weise durch Aufnahme von einer hellen homogen ausgeleuchteten Fläche ermittelt, deren Helligkeit einstellbar ist. Die Abweichung der gewonnenen Abbildungen von dem theoretisch zu erwartenden Wert wird für wenigstens einen Bildpunkt des Bildes und/oder wenigstens einen Teilbereich des Bildes für jeden Helligkeitswert ermittelt. Die Abweichungen bilden als Korrektur-Offsets die Korrekturmuster. Ein Korrekturmuster ist bei einer Helligkeit eine Funktion der Bildpunkte des Bildes und/oder den Teilbereichen des Bildes. In einer Variante des nachfolgend beschriebenen Verfahrens wird das Korrekturmuster durch die Korrekturwerte anstatt der Korrektur-Offsets gebildet. Damit stehen für jeden Bildpunkt des Bildes und/oder einen Teilbereich des Bildes in vorteilhafter Weise jeweils individuelle, helligkeitsabhängige Look-up-Tabellen zur Verfügung, aus denen ohne weitere Berechnungen das korrigierte Bild zusammengesetzt wird. Dabei wird für jeden ermittelten Wert des Bildpunktes, beispielsweise ein Grauwert, aus der Look-up-Tabelle der Korrekturwert entnommen. In vorteilhafter Weise ist das Verfahren damit algorithmisch einfacher zu implementieren. Damit wird ein geringerer Rechenleistungsbedarf der Auswerteeinheit benötigt. Insgesamt führt dies zu geringen Kosten bei gleichzeitig schnellerer Verarbeitung der Bilder. In einer Variante des Verfahrens werden Korrekturfunktionen aus den ermittelten Korrekturmustern berechnet. Für jeden Bildpunkt des Bildes und/oder eines Teilbereiches des Bildes werden die jeweiligen Parameter einer geeigneten analytischen Funktion als Korrekturfunktion durch Parameterschätzung ermittelt. In vorteilhafter Weise führt dies zu einer Reduzierung des Speicherplatzbedarfes, da lediglich die Parameter der Korrekturfunktionen gespeichert werden müssen. Diese Vorteile gelten für das beschriebene Verfahren selbst und für ein Bildsensorsystem, das Mittel zur Korrektur von

Ungleichmäßigkeiten des Bildes des Bildsensorsystems durch Ermittlung wenigstens eines beleuchtungsabhängigen Korrektur-Offsets und/oder wenigstens eines beleuchtungsabhängigen Korrekturwerts und/oder wenigstens einer beleuchtungsabhängigen Korrekturfunktion wenigstens eines Bildpunktes und/oder wenigstens eines Teilbereich des Bildes aufweist.

5

Vorteilhaft ist die Ermittlung von Ungleichmäßigkeiten des Bildes des Bildsensorsystems zu deren Korrektur im Betrieb (Normalbetrieb) des Bildsensorsystems. Dadurch entfällt die Ermittlung von Ungleichmäßigkeiten mittels eines Laboraufbaus. In vorteilhafter Weise werden hierbei die Kosten für das Bildsensorsystem gesenkt. Beim Einbau des Bildsensorsystems in ein Kraftfahrzeug werden in vorteilhafter Weise Veränderungen der Ungleichmäßigkeiten des Bildes des Bildsensorsystems automatisch und wiederholt erfasst. Beispielsweise wird eine lokale transparente Verschmutzung des Objektivs automatisch korrigiert, da die Ermittlung von Ungleichmäßigkeiten des Bildes des Bildsensorsystems im Betrieb des Bildsensorsystems zyklisch wiederholt wird. Eine lokale transparente Verschmutzung ist beispielsweise ein einzelner Wassertropfen. Diese Vorteile gelten für das beschriebene Verfahren selbst und für ein Bildsensorsystem, das Mittel zur Ermittlung von Ungleichmäßigkeiten des Bildes des Bildsensorsystems zu deren Korrektur im Betrieb des Bildsensorsystems aufweist.

10

15

20

25

30

Besonders vorteilhaft ist ein Bildsensorsystem mit wenigstens einem CMOS-Bildsensor, wobei der CMOS-Bildsensor eine stetig monotone Kennlinie aufweist, insbesondere dass der CMOS-Bildsensor eine logarithmische Kennlinie hat. CMOS-Bildsensoren weisen inhärente Vorteile auf. Sie zeichnen sich durch einen großen Dynamikbereich der Kennlinie der Beleuchtungsempfindlichkeit aus. Daneben sind CMOS-Bildsensoren unempfindlich gegenüber auftretenden Artefakten bei direkter Blendung, also bei großen Kontrastunterschieden. Durch eine beleuchtungsabhängige Korrektur der Ungleichmäßigkeiten wenigstens eines Teils des Bildes des Bildsensorsystems, insbesondere die Korrektur des Fixed-Pattern-Noise (FPN) des Bildsensors erreicht man in vorteilhafter Weise eine Verminderung der Bildfehler im gesamten Dynamikbereich der Kennlinie. Gleichzeitig bleiben die inhärent vorhandenen Vorteile der CMOS-Bildsensoren erhalten.

Besonders vorteilhaft ist ein Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, um alle Schritte des nachfolgend beschriebenen Verfahrens durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer ausgeführt wird. Die Verwendung eines Computerprogramms ermöglicht die schnelle und kostengünstige Anpassung des Verfahrens, beispielsweise durch Anpassung von

Parametern an den jeweiligen Bildsensortyp. Daneben wird die Wartung in vorteilhafter Weise verbessert, da die einzelnen Verfahrensschritte nicht in Hardware, sondern in Software realisiert sind.

- 5 Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die Figuren und aus den abhängigen Patentansprüchen.

Zeichnung

- 10 Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen näher erläutert.

Es zeigen:

- 15 Figur 1 ein Bildsensorsystem des bevorzugten Ausführungsbeispiels,
Figur 2 ein Blockdiagramm der Auswerteeinheit zur Korrektur von Ungleichmäßigkeiten von Bildern des Bildsensorsystems des bevorzugten Ausführungsbeispiels,
Figur 3 ein Ablaufdiagramm des Verfahrens zur Ermittlung von Korrekturdaten im bevorzugten Ausführungsbeispiel in einer ersten Variante,
20 Figur 4 ein Ablaufdiagramm des Verfahrens zur Ermittlung von Korrekturdaten im bevorzugten Ausführungsbeispiel in einer zweiten Variante,
Figur 5 ein Ablaufdiagramm des Verfahrens zur Ermittlung von Korrekturdaten im bevorzugten Ausführungsbeispiel in einer dritten Variante.

25 Beschreibung von Ausführungsbeispielen

- Figur 1 zeigt ein Bildsensorsystem 10 des bevorzugten Ausführungsbeispiels, bestehend aus einem Bildsensor 12, einem Objektiv 14 und einer Auswerteeinheit 16. Der Bildsensor 12 hat einen Erfassungsbereich 20. Elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Spektralbereich
30 gelangt über das Objektiv 14 zum Bildsensor 12. Der Bildsensor 12 wandelt die elektromagnetische Strahlung in Ur-Bilder um. Als Bildsensor 12 ist ein CCD-Bildsensor oder ein CMOS-Bildsensor einsetzbar. CMOS-Bildsensoren gibt es als Sensoren mit linearer, abschnittsweise linearer oder nichtlinearer, beispielsweise logarithmischer, Kennlinie der Beleuchtungsempfindlichkeit. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel wird ein CMOS-Bildsensor

mit logarithmischer Kennlinie verwendet, der aus vielen, in einer Matrix angeordneten lichtempfindlichen Zellen (Pixeln) besteht und ein Ur-Bild liefert, wobei die einzelnen Pixel eine Grauwertauflösung (Quantisierung) von 8-Bit haben. Jeder Pixel erzeugt im bevorzugten Ausführungsbeispiel einen Bildpunkt im Ur-Bild. Die vom Bildsensor 12 ermittelten Ur-Bilder werden über eine Signalleitung 15 zur Auswerteeinheit 16 übertragen. Die Übertragung erfolgt dabei elektrisch und/oder optisch. Alternativ oder zusätzlich ist eine Übertragung per Funk möglich. Die Auswerteeinheit 16 ermittelt aus den Ur-Bildern die korrigierten Bilder und überträgt diese über die Signalleitung 17 an wenigstens ein, vorzugsweise nachfolgendes System 18. Die Übertragung erfolgt dabei elektrisch und/oder optisch. Alternativ oder zusätzlich ist eine Übertragung per Funk möglich. Als nachfolgendes System 18 ist im bevorzugten Ausführungsbeispiel ein Bildschirm zur Darstellung der korrigierten Bilder vorgesehen. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel bilden der Bildsensor 12, das Objektiv 14 und die Auswerteeinheit 16 eine Einheit. In anderen Varianten liegen die Komponenten getrennt vor. Bei einer ersten Variante des bevorzugten Ausführungsbeispiels ist die Auswerteeinheit 16 im Bildsensor 12 direkt integriert, während in einer weiteren Variante die Auswerteeinheit 16 getrennt in einem nachfolgenden System 18, beispielsweise einer nachfolgenden Verarbeitungseinheit, untergebracht ist. Die Auswerteeinheit 16 besteht aus mehreren in Figur 2 dargestellten Modulen 22, 24, die im bevorzugten Ausführungsbeispiel als Programme wenigstens eines Mikroprozessors ausgestaltet sind. Eine Besonderheit des CMOS-Bildsensors 12 mit logarithmischer Kennlinie ist, dass das unmittelbar von den lichtempfindlichen Zellen (Pixel) gelieferte Ur-Bild korrigiert werden muss, bevor man ein zum Betrachten oder Weiterverarbeiten geeignetes Bild erhält. Diese Korrektur ist notwendig, da aufgrund des sogenannten Fixed-Pattern-Noise (FPN) Ungleichmäßigkeiten im Ur-Bild auftreten. Das Fixed-Pattern-Noise (FPN) entsteht dadurch, dass die Kennlinien (Grauwert als Funktion der Beleuchtungsstärke) der Pixel auf dem CMOS-Bildsensor 12 (Chip) nicht identisch parametrisiert sind, d.h. bei gleicher Beleuchtung ergeben sich bei unterschiedlichen Pixeln unterschiedliche Ausgangswerte.

Figur 2 zeigt ein Blockdiagramm der Auswerteeinheit 16 zur Korrektur von Ungleichmäßigkeiten von Bildern des Bildsensorsystems des bevorzugten Ausführungsbeispiels. Über die Signalleitung 15 in Figur 1 werden die Ur-Bilder 26 den Modulen 22 und 24 zugeführt. Dabei liegen die Ur-Bilder 26 entweder vom CMOS-Bildsensor vorkorrigiert vor oder die Ur-Bilder 26 sind unkorrigiert. In Modul 22 werden die Ungleichmäßigkeiten der Ur-Bilder 26 beleuchtungsabhängig ermittelt und gespeichert. Die

ermittelten Korrekturdaten 30 werden an das Modul 24 weitergeleitet. Die helligkeitsadaptive Nachkorrektur der vom CMOS-Bildsensor gelieferten Ur-Bildern 26 geschieht in Modul 24. Durch Verarbeitung der Ur-Bilder 26 und der Korrekturdaten 30 werden die korrigierten Bilder 28 ermittelt, die über die Signalleitung 17 in Figur 1 an ein System 18 weitergeleitet werden.

5 Zur Bestimmung der Korrekturdaten 30 und zur Ermittlung der korrigierten Bilder 28 sind verschiedene Verfahren möglich, die nachfolgend anhand der Figuren 3 bis 5 erläutert werden.

Figur 3 zeigt ein Ablaufdiagramm des Verfahrens zur Ermittlung von Korrekturdaten im bevorzugten Ausführungsbeispiel in einer ersten Variante. Als Korrekturdaten wird ein

10 Korrekturmuster-Feld 52 bestimmt. Die helligkeitsadaptive Nachkorrektur, beispielsweise des Fixed-Pattern-Noise (FPN) und/oder von radiometrischen Objektivinhomogenitäten, des vom CMOS-Bildsensor gelieferten Ur-Bildes wird in dieser ersten Variante durch Ermittlung von Korrekturmustern 54 durchgeführt. Als radiometrische Objektivinhomogenitäten wird insbesondere der Objektivrandabschattung ermittelt. Dazu müssen die Korrekturmuster 54

15 zuvor messtechnisch ermittelt werden. Die Korrekturmuster 54 werden für die von den Bildelemente (Pixel) erzeugten Bildpunkten in Abhängigkeit einer jeweilig einfallenden Lichtmenge, also der Bestrahlungsstärke, bestimmt. Die Bestrahlungsstärke ist dabei als Leistung (Strahlungsleistung) pro Fläche definiert. Über den gesamten radiometrischen Arbeitsbereich des CMOS-Bildsensors werden Aufnahmen einer in der abgegebenen

20 Strahlungsleistung (Lichtleistung) einstellbaren homogenen Referenzlichtquelle mit ausreichend feiner Abstufung der eingestellten Lichtleistung gemacht. Durch die Abstufung mit diskreten Schritten liegt eine Quantisierung der abgegebenen Strahlungsleistung der Lichtquelle vor. Zur Durchführung des Verfahrens ist eine ausreichende Homogenität der Lichtquelle sicherzustellen. Als Referenzlichtquelle wird im bevorzugten Ausführungsbeispiel eine

25 Ulbrichtkugel verwendet. Sie ist ein Kugelphotometer mit einem Durchmesser von 1 bis 5 Meter. Die Ulbrichtkugel hat innen einen reinweißen, matten Anstrich. Dadurch wird das nach allen Seiten ausgestrahlte Licht einer in der Kugel befindlichen Lichtquelle so zerstreut und reflektiert, dass die Leuchtdichte auf der gesamten Kugeloberfläche konstant ist. Bei geeigneter Wahl der Quantisierungsstufen der Lichtleistung wird für jeden von einem Bildelement (Pixel)

30 erzeugten Bildpunkt zu jedem Helligkeitswert der dazugehörige Korrektur-Offset 56 ermittelt. Unter dem Korrektur-Offset 56 versteht man die Differenz zwischen dem tatsächlichen Wert des Bildpunktes und dem theoretisch bei der zugrundeliegenden Bestrahlungsstärke zu erwartenden Wert. Alle Korrektur-Offsets 56 der von den Pixeln des CMOS-Bildsensors erzeugten Bildpunkten bei einer Bestrahlungsstärke bzw. Lichtleistung der Lichtquelle bilden

ein Korrekturmuster 54. Die ermittelten Korrekturmuster 54 für unterschiedliche Bestrahlungsstärken bilden das Korrekturmuster-Feld 52 (Kennfeld-Array). Im bevorzugten Ausführungsbeispiel wird für jeden quantisierten Ausgangswert des Bildpunktes eine entsprechende Bestrahlungsstärke gewählt. Bei einer Quantisierung des Bildpunktes mit 8-Bit sind damit 256 Bestrahlungsstärken notwendig. Das Ablaufdiagramm des Verfahrens zur Ermittlung eines Korrekturmuster-Felds 52 nach Figur 3 beginnt beim Start 40. Im Punkt 42 des Ablaufdiagramms wird die Bestrahlungsstärke des Bildsensors durch Veränderung der Strahlungsleistung der Lichtquelle, im bevorzugten Ausführungsbeispiel der Ulbrichtkugel, eingestellt. Nach Aufnahme wenigstens eines Ur-Bildes durch den CMOS-Bildsensor wird im Punkt 44 die Ermittlung der Korrektur-Offsets 56 durchgeführt, die ein Korrekturmuster 54 bilden. Bei Aufnahme von wenigstens zwei Ur-Bildern wird die Ermittlung der Korrektur-Offsets 56 aus den zeitlich gemittelten Ur-Bildern durchgeführt. In anschließenden Punkt 46 wird das ermittelte Korrekturmuster 54 gespeichert. Im Punkt 48 wird die Abfrage durchgeführt, ob alle Korrekturmuster 54 zu jeder vorgesehenen Bestrahlungsstärke ermittelt wurde. Falls noch nicht alle Korrekturmuster 54 ermittelt wurden, wird zum Punkt 42 verzweigt und die Bestrahlungsstärke des Bildsensors entsprechend der vorgegebenen Quantisierung erhöht, andernfalls ist das Ablaufdiagramm mit dem Punkt 50 beendet. Das in Modul 22 in Figur 2 durch das beschriebene Verfahren ermittelte Korrekturmuster-Feld 52 wird als Korrekturdaten 30 dem Modul 24 zugeführt. In Modul 24 in Figur 2 wird zu jedem mit dem Bildsensordaten aufgenommenen Ur-Bild 26 im Normalbetrieb in einem Zwischenschritt ein synthetisches Korrekturmuster aus dem Korrekturmuster-Feld 52 ermittelt, wobei das synthetische Korrekturmuster in jedem Bildpunkt an den Bildinhalt (Helligkeitswert des Bildpunktes) angepasst ist. Die helligkeitsadaptive Korrektur des in Figur 2 gelieferten Ur-Bildes 26 erfolgt durch Addition des synthetischen Korrekturmusters zum Ur-Bild 26, wobei als Ergebnis das korrigierte Bild 28 erzeugt wird. Das in Figur 3 beschriebene Verfahren wird algorithmisch vorteilhafter implementiert, indem im Korrekturmuster-Feld 52 nicht die Korrektur-Offsets 56 enthalten sind, sondern die bereits korrigierten Grauwerte (Korrekturwerte) 56 abgelegt werden. Der Korrekturwert ist der korrigierte Wert. Im Gegensatz dazu ist der Korrektur-Offset 56 die Differenz des ermittelten Grauwertes zum Korrekturwert. Damit stehen für alle Bildpunkte jeweils eine individuelle, helligkeitsabhängige Look-up-Tabelle im Korrekturmuster-Feld 52 zur Verfügung, aus denen direkt ohne weitere Berechnungen das korrigierte Bild 28 in Modul 24 nach Figur 2 basierend auf dem Ur-Bild 26 im Normalbetrieb zusammengesetzt wird. Dies erfolgt, indem für jeden Bildpunkt aus dem

Korrekturmuster-Feld 52 für jeden Bildpunkt für den ermittelten Grauwert im Ur-Bild ein Korrekturwert 56 aus dem Korrekturmuster-Feld 52 entnommen wird.

Figur 4 zeigt ein Ablaufdiagramm des Verfahrens zur Ermittlung von Korrekturdaten im bevorzugten Ausführungsbeispiel in einer zweiten Variante. Aus dem ermittelten Korrekturmuster-Feld 52 (Kennfeld-Array) nach Figur 3 werden für die von den Bildelemente (Pixel) erzeugten Bildpunkten die jeweiligen Parameter 64 einer geeigneten analytischen Beschreibung (mathematische Funktion) durch Parameterschätzung ermittelt und in einem Feld der Parameter 62 zusammengefasst. Damit stehen für das gesamte vom CMOS-Bildsensor gelieferte Ur-Bild die parametrisierten Kennlinien für jeden Bildpunkt in Form eines Feldes der Parameter der Korrekturfunktionen 62 zur Verfügung, aus denen das korrigierte Bild berechnet wird. Hierbei wird vorausgesetzt, dass die Form der Kennlinie der Beleuchtungsempfindlichkeit aller Pixel gleich ist, aber die Parametrisierung der Kennlinie Unterschiede aufweist. Im Punkt 58 des Ablaufdiagramms des Verfahrens zur Ermittlung von Korrekturdaten nach Figur 4 werden die Parameter der Korrekturfunktionen 64 für jeden Bildpunkt des Bildes aus dem Korrekturmuster-Feld 52 berechnet. Dabei können sowohl die Korrektur-Offsets 56 und/oder die Korrekturwerte 56 verwendet werden. Die Struktur der Korrekturfunktionen wird entsprechend der Eigenschaften des Bildsensors, insbesondere dem Verlauf der Kennlinien der Beleuchtungsempfindlichkeit der Pixel des Bildsensors gewählt. Als Korrekturfunktionen werden im bevorzugten Ausführungsbeispiel beispielsweise entweder Polynome $f(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$ oder logarithmische Funktionen $g(x) = a \log(x/b)$ verwendet. Die Parameter der Korrekturfunktionen 64 werden durch den Einsatz von Parameterschätzverfahren, wie die Methode der kleinsten Quadrate oder robuste Schätzverfahren ermittelt. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel wird in einem numerischen Verfahren mit der Methode der kleinsten Quadrate für jeden Bildpunkt eine Ausgleichsfunktion durch die ermittelten Messwerte, also die Korrektur-Offsets 56 oder die Korrekturwerte 56, berechnet. Die Korrekturfunktionen werden durch die Parameter der Korrekturfunktionen 64 beschrieben. Die Korrekturfunktion für einen Bildpunkt ist eine Funktion des Korrekturwertes von dem ermittelten Grauwert im Ur-Bild. Im anschließenden Punkt 60 werden die Parameter der Korrekturfunktionen 64 zum Feld der Parameter 62 zusammengefasst und gespeichert. Das in Modul 22 in Figur 2 durch das beschriebene Verfahren ermittelte Feld der Parameter 62 wird als Korrekturdaten 30 dem Modul 24 zugeführt. In Modul 24 in Figur 2 wird zu jedem mit dem Bildsensorsystem aufgenommenen Ur-Bild 26 im Normalbetrieb mittels des Feldes der Parameter 62 das korrigierte Bild 28 berechnet. Hierzu wird nach Figur 2 aus dem ermittelten Grauwert eines Bildpunktes des Ur-

Bildes 26 mittels der Korrekturfunktion eines Bildpunktes der korrigierte Grauwert berechnet. Das korrigierte Bild 28 in Figur 2 setzt sich aus den so ermittelten korrigierten Grauwerten zusammen. In einer Variante des Verfahrens nach Figur 4 wird ebenfalls das Korrekturmuster-Feld (Kennfeld-Array) 52 für geeignet ausgewählte Lichtleistungseinstellungen (Stützstellen des Kennfeldes) aufgenommen. Die Korrekturfunktionen bzw. die Parameter der
5 Korrekturfunktionen 64 werden durch Interpolation aus zwei oder mehreren Stützstellen berechnet. Dabei wird die Interpolation für jeden einzelne von dem Bildelement (Pixel) erzeugten Bildpunkt entsprechend seinem Helligkeitswert aus den ihm zugeordneten Stützstellen durchgeführt.

Figur 5 zeigt ein Ablaufdiagramm des Verfahrens zur Ermittlung von Korrekturdaten im bevorzugten Ausführungsbeispiel in einer dritten Variante. Als Korrekturdaten wird ein synthetisches Korrekturmuster 78 bestimmt. Das synthetische Korrekturmuster 78 zur adaptiven Nachkorrektur des aktuellen Kamerabildes wird aus der Sequenz von N zeitlich
10 zurückliegenden Kamerabildern 66 berechnet. Das Zeitverhalten des synthetischen Korrekturmusters 78 kann durch die Anzahl und Gewichtung der zur Bestimmung des synthetischen Korrekturmusters 78 berücksichtigten Bilder 68, 69, 70, 71, 72 beeinflusst werden. Unter dem Zeitverhalten des synthetischen Korrekturmusters versteht man die Dynamik der Adaption an die aktuell aufgenommene Szene. Unter der Annahme, dass die
15 Länge N der Bildsequenz 66 genügend groß ist und eine ausreichend große Veränderung der Bildinhalte gegeben ist, wird das synthetische Korrekturmuster 78 im bevorzugten Ausführungsbeispiel wie nachfolgend erläutert bestimmt. Eine ausreichend große Veränderung der Bildinhalte liegt beispielsweise dann vor, wenn eine Objektbewegung und/oder eine Kamerabewegung stattfindet. Zunächst wird ein gleitenden Mittelwert, eine zeitliche Mittelung, über N zurückliegende Bilder 68, 69, 70, 71, 72 der Bildsequenz 66 im Punkt 74 berechnet.
20 Alternativ werden in einer Variante anstelle des gleitenden Mittelwertes beliebige Tiefpassfilter (zeitlicher Tiefpass) 74 zur zeitlichen Filterung der Bildsequenz 66 eingesetzt. Wird von dem Ergebnisbild der zeitlichen Tiefpassfilterung der räumliche Mittelwert im Punkt 76 subtrahiert, so erhält man das synthetische Korrekturmuster 78. Alternativ ist auch hier eine
25 Tiefpassfilterung des Ergebnisbildes mit einem beliebigen Tiefpass (örtlicher Tiefpass) 76 möglich. Das in Modul 22 in Figur 2 durch das beschriebene Verfahren ermittelte synthetische Korrekturmuster 78 wird als Korrekturdaten 30 dem Modul 24 zugeführt. Die helligkeitsadaptive Korrektur des in Figur 2 gelieferten Ur-Bildes 26 erfolgt durch Addition des synthetischen Korrekturmusters 78 zum Ur-Bild 26, wobei als Ergebnis das korrigierte Bild 28

erzeugt wird. Dabei wird sowohl die Bildung des synthetischen Korrekturmusters 78 in Modul 22 in Figur 2 als auch die Erzeugung des korrigierten Bildes 28 in Modul 24 im Normalbetrieb des Bildsensorsystems durchgeführt. In einer Variante des Verfahrens wird das Ergebnisbild der zeitlichen Tiefpass-Filterung mit einem geeigneten räumlichen Hochpass gefiltert, anstatt eine
5 räumlichen Tiefpassfilterung mit anschließender Subtraktion des Ergebnisbildes der zeitlichen Filterung durchzuführen. Die bei Verletzung der oben getroffenen Annahme, also eine ausreichend große Bildsequenz 66 und ausreichend große Veränderungen der Bildinhalte, auftretenden Bildartefakte werden durch geeignete Wahl der Filter, der Bildsequenzlänge N und durch Einbringen von Vorwissen beseitigt oder weitestgehend kompensiert. In einer weiteren
10 Variante werden die ermittelten synthetischen Korrekturmuster 78 gespeichert und durch Auswertung vieler zeitlich zurückliegender und gespeicherter synthetischer Korrekturmuster 78 ein Korrekturmuster-Feld 52 entsprechend Figur 3 bestimmt. Das Korrekturmuster-Feld 52 nach Figur 3 enthält Korrektur-Offsets oder Korrekturwerte. Das ermittelte Korrekturmuster-Feld wird durch die Verarbeitung weiterer Ur-Bilder dynamisch verändert. Die weitere Verarbeitung
15 des Korrekturmuster-Felds 52 erfolgt entsprechend der oben beschriebenen Variante nach Figur 3.

Das beschriebene Verfahren und das Bildsensorsystem sind nicht beschränkt auf die Verwendung eines 8-Bit-CMOS-Bildsensors bei Anwendungen in Kraftfahrzeugen. Vielmehr
20 ist es insbesondere möglich andere CMOS-Bildsensoren und/oder CCD-Bildsensoren zu verwenden. Auch die Verwendung von Zeilen-Bildsensoren ist in einer Variante des Verfahrens und des Bildsensorsystems möglich. Daneben können die Bildsensoren als schwarz/weiß-Bildsensoren oder Farb-Bildsensoren ausgeführt sein. Alle beschriebenen Bildsensoren können dabei eine beliebige Grauwertauflösung und/oder Farbauflösung haben, die sich von dem im bevorzugten Ausführungsbeispiel verwendeten 8-Bit-Bildsensor unterscheiden. Insbesondere ist
25 die Verwendung von CMOS-Bildsensoren mit einer Auflösung von 10-Bit möglich. Darüber hinaus sind das Verfahren und das Bildsensorsystem auch zur Verwendung von analogen Bildsensoren geeignet, die keine diskreten Bildpunkte und/oder keine Quantisierung des Ausgangswertes aufweisen. Bei der Durchführung des beschriebenen Verfahrens bei
30 Bildsensoren ohne diskrete Bildpunkte werden anstatt der Bildpunkte Bereiche des Bildes verwendet, die durch Mittelwertbildung als Bildpunkte weiterverarbeitet werden. Bei analogen Bildsensoren ohne Quantisierung des Ausgangssignals wird das Ausgangssignal in einer Vorverarbeitung quantisiert und entsprechend dem oben beschriebenen Verfahren verarbeitet. In einer weiteren Variante werden wenigstens zwei Bildsensoren im Bildsensorsystem verwendet,

wobei die Bildsensoren im wesentlichen dieselbe Szene aufnehmen, insbesondere, dass das Bildsensorsystem eine Stereokamera ist.

5 In einer Variante des beschriebenen Verfahrens und des Bildsensorsystems wird wenigstens ein Teil des Ur-Bildes beleuchtungsabhängig korrigiert. Insbesondere ist es denkbar lediglich die Randbereiche eines Ur-Bildes zu korrigieren und/oder eine Korrektur lediglich bei sehr großer und/oder sehr geringer Beleuchtung durchzuführen. Dies führt zu einer Reduzierung der benötigten Rechenleistung der Auswerteeinheit.

10 Eine Variante des beschriebenen Verfahrens und des Bildsensorsystems sieht vor, mehrere Bildpunkte gemeinsam als einen Teilbereich zu verarbeiten. Dies ist möglich, wenn die zugrundeliegenden Pixel der Bildpunkte ähnliche Eigenschaften aufweisen und damit gemeinsam als ein Teilbereich behandelt werden. Dabei werden für einen Teilbereich die Korrekturwerte oder die Korrektur-Offsets oder die Korrekturfunktion berechnet und die
15 Berechnung für jeden Bildpunkt des Teilbereichs mit diesen Werten durchgeführt. Der notwendige Rechenleistungsbedarf der Auswerteeinheit zur Durchführung des Verfahrens wird dadurch vermindert. Die Korrektur der Ungleichmäßigkeiten eines Bildes kann dabei nach Bildpunkten oder Teilbereichen erfolgen, oder auch gemeinsam durchgeführt werden.

20 In einer weiteren Variante des beschriebenen Verfahrens und des Bildsensorsystems werden die vorstehenden Varianten kombiniert, indem beispielsweise für unterschiedliche Teile, also Bereiche, des Ur-Bildes verschiedenen Varianten des Verfahrens angewendet werden. Insbesondere ist es möglich je nach Beleuchtung unterschiedliche Varianten der Verfahren anzuwenden.

25

5

10 **Ansprüche**

1. Verfahren zur Korrektur von Ungleichmäßigkeiten wenigstens eines Teils wenigstens eines
Bildes eines Bildsensorsystems, wobei das Bildsensorsystem aus wenigstens einem
Bildsensor besteht, dadurch gekennzeichnet, dass die Ungleichmäßigkeiten des Bildes des
15 Bildsensorsystems beleuchtungsabhängig korrigiert werden, insbesondere dass
Ungleichmäßigkeiten der Helligkeit wenigstens eines Bildpunktes des Bildes und/oder
wenigstens eines Teilbereiches des Bildes beleuchtungsabhängig korrigiert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Ungleichmäßigkeiten
20 wenigstens eines Bildpunktes des Bildes und/oder wenigstens eines Teilbereiches des
Bildes des Bildsensorsystems durch Ermittlung eines lokal und/oder global bestimmten
Beleuchtungsmaßes beleuchtungsabhängig korrigiert werden.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das
25 Fixed-Pattern-Noise (FPN) des Bildsensors und/oder wenigstens eine weitere
Ungleichmäßigkeit des wenigstens einen Teils des Bildes des Bildsensorsystems,
insbesondere Objektivinhomogenitäten, korrigiert werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für
30 wenigstens einen Bildpunkt des Bildes und/oder wenigstens einen Teilbereich des Bildes
wenigstens ein beleuchtungsabhängiger Korrektur-Offset und/oder wenigstens ein
beleuchtungsabhängiger Korrekturwert und/oder wenigstens eine beleuchtungsabhängige
Korrekturfunktion ermittelt werden und der Korrektur-Offset und/oder der Korrekturwert

und/oder die Korrekturfunktion zur Korrektur von Ungleichmäßigkeiten des Bildes des Bildsensorsystems verwendet werden.

- 5 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ermittlung von Ungleichmäßigkeiten des Bildes des Bildsensorsystems und deren Korrektur im Betrieb des Bildsensorsystems erfolgt, wobei wenigstens ein Bild einer Sequenz von Bildern im Betrieb des Bildsensorsystems verarbeitet wird.
- 10 6. Bildsensorsystem mit wenigstens einem Bildsensor, dadurch gekennzeichnet, dass das Bildsensorsystem Mittel aufweist, um Ungleichmäßigkeiten wenigstens eines Teils wenigstens eines Bildes des Bildsensorsystems beleuchtungsabhängig zu korrigieren, insbesondere dass das Bildsensorsystem Mittel aufweist, um Ungleichmäßigkeiten der Helligkeit wenigstens eines Bildpunktes des Bildes und/oder wenigstens eines Teilbereiches des Bildes beleuchtungsabhängig zu korrigieren.
- 15 7. Bildsensorsystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Bildsensorsystem Mittel aufweist, welche die beleuchtungsabhängig Korrektur von Ungleichmäßigkeiten wenigstens eines Bildpunktes des Bildes und/oder wenigstens eines Teilbereiches des Bildes des Bildsensorsystems durch Ermittlung eines lokal und/oder global bestimmten Beleuchtungsmaßes ermöglichen.
- 20 8. Bildsensorsystem nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Bildsensorsystem Mittel aufweist, um das Fixed-Pattern-Noise (FPN) des Bildsensors und/oder wenigstens eine weitere Ungleichmäßigkeit des wenigstens einen Teils des Bildes des Bildsensorsystems, insbesondere Objektivinhomogenitäten, zu korrigieren.
- 25 9. Bildsensorsystem nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Bildsensorsystem Mittel aufweist, welche die Korrektur von Ungleichmäßigkeiten des Bildes des Bildsensorsystems durch Ermittlung wenigstens eines beleuchtungsabhängigen Korrektur-Offsets und/oder wenigstens eines beleuchtungsabhängigen Korrekturwerts und/oder wenigstens einer beleuchtungsabhängigen Korrekturfunktion wenigstens eines Bildpunktes des Bildes und/oder wenigstens eines Teilbereiches des Bildes ermöglichen.
- 30

- 5 10. Bildsensormsystem nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Bildsensormsystem Mittel aufweist, welche eine Ermittlung von Ungleichmäßigkeiten des Bildes des Bildsensormsystems und deren Korrektur im Betrieb des Bildsensormsystems ermöglicht, wobei wenigstens ein Bild einer Sequenz von Bildern im Betrieb des Bildsensormsystems verarbeitet wird.
- 10 11. Bildsensormsystem nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Bildsensor ein CMOS-Bildsensor ist, wobei der CMOS-Bildsensor eine stetig monotone Kennlinie aufweist, insbesondere dass der CMOS-Bildsensor eine logarithmische Kennlinie hat.
12. Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, um alle Schritte von jedem beliebigen der Ansprüche 1 bis 5 durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer ausgeführt wird.

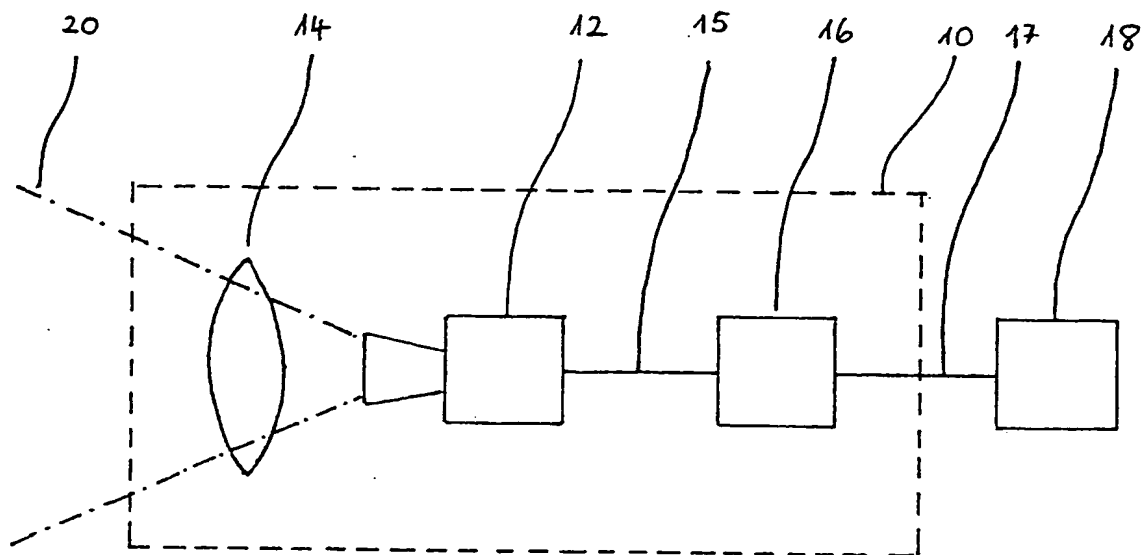
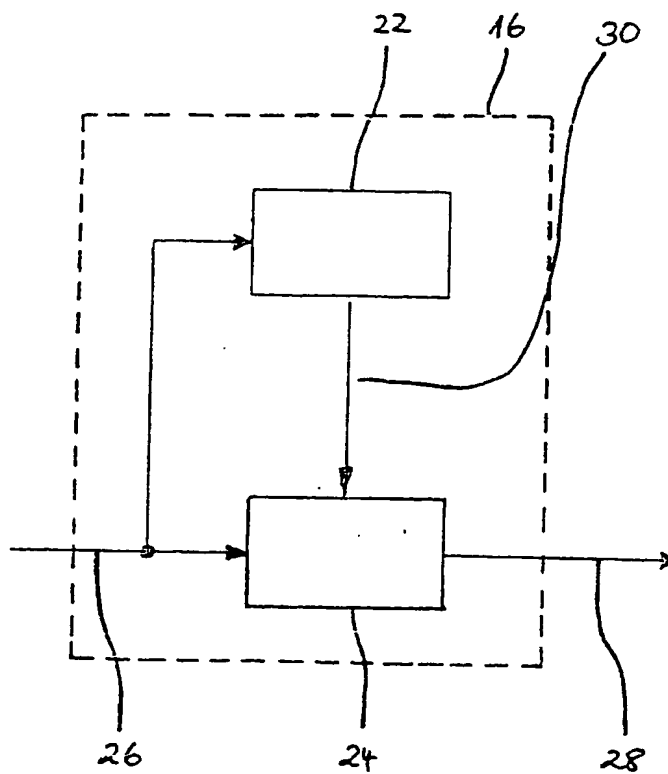
Figure 1:Figure 2:

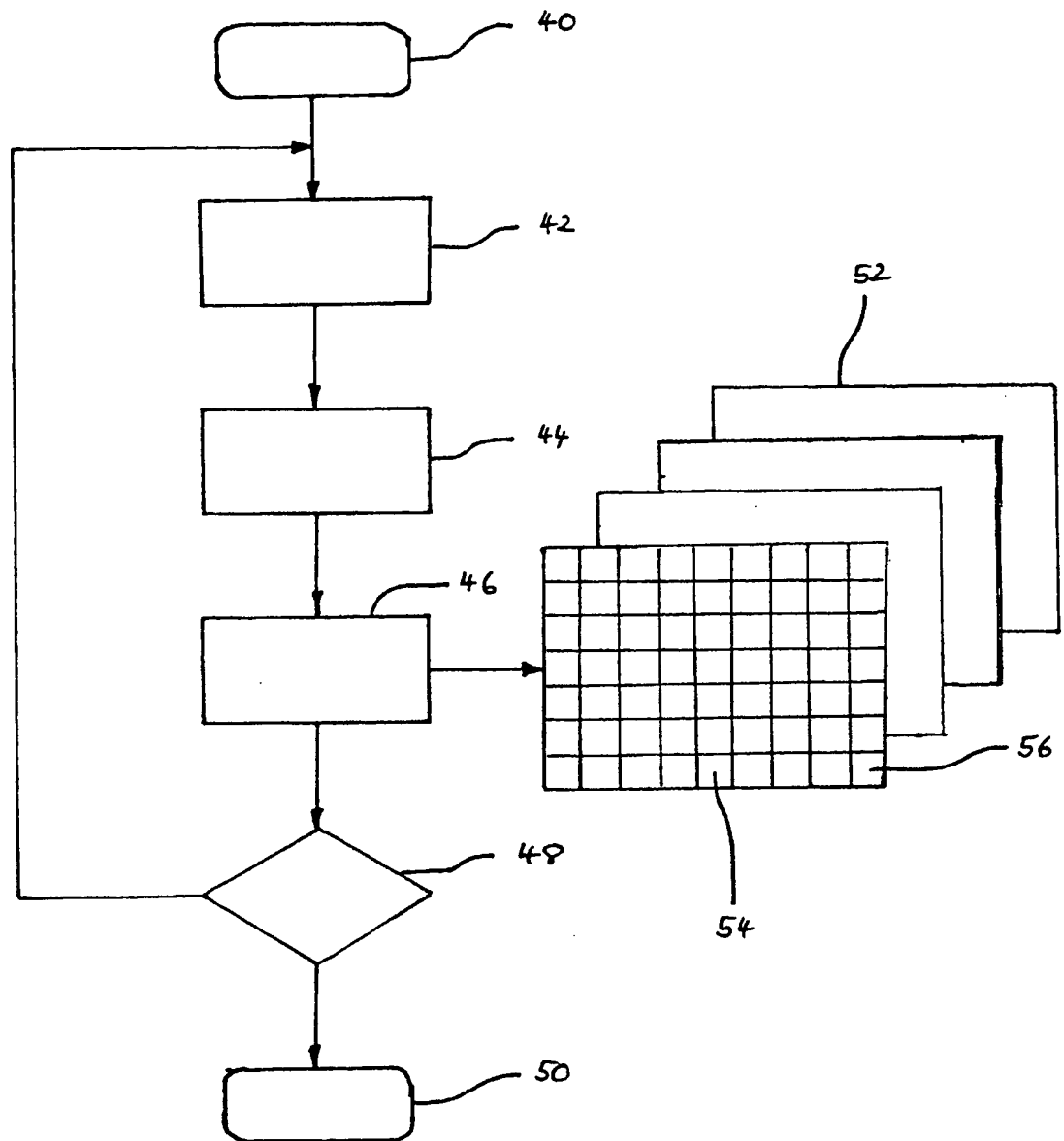
Figure 3:

Figure 4:

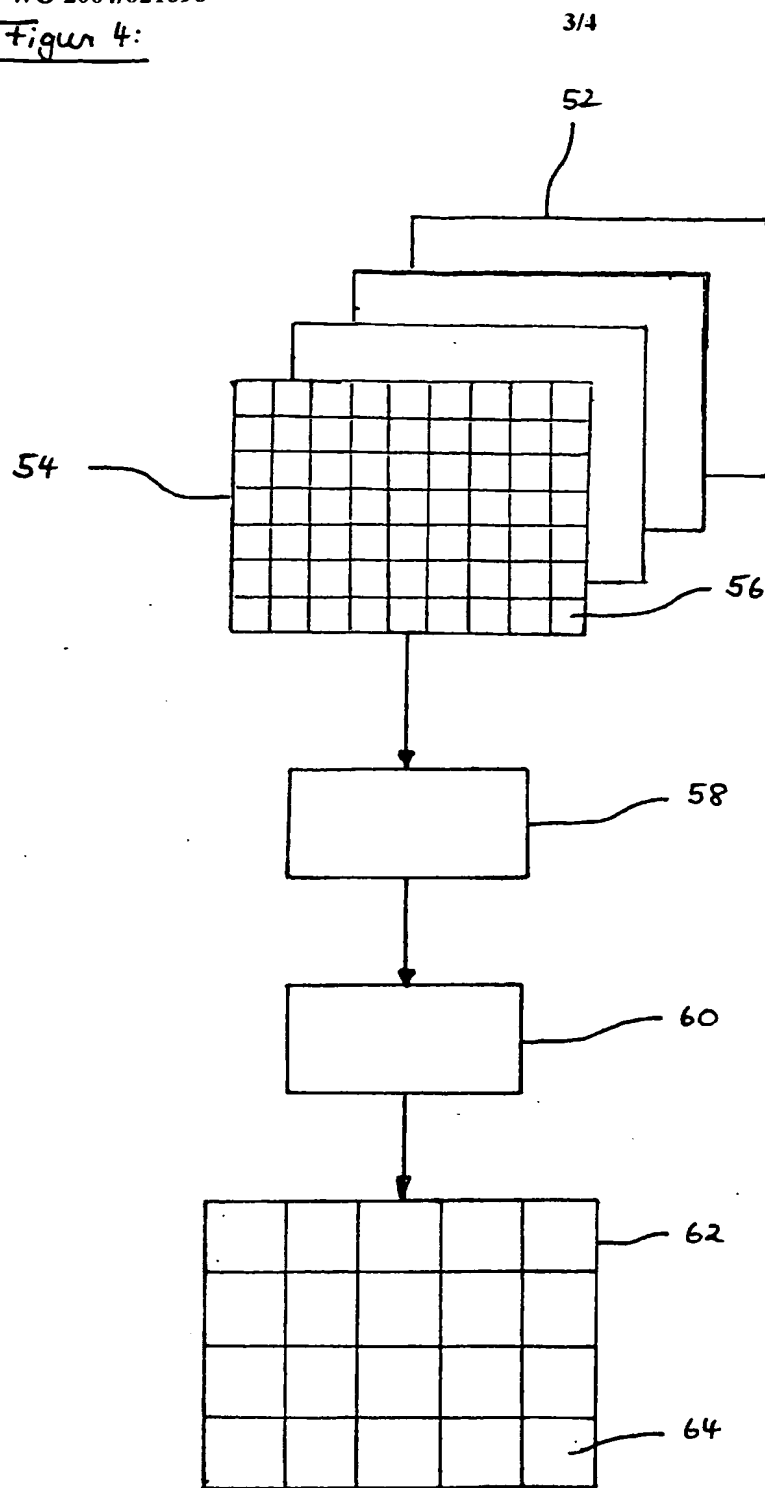
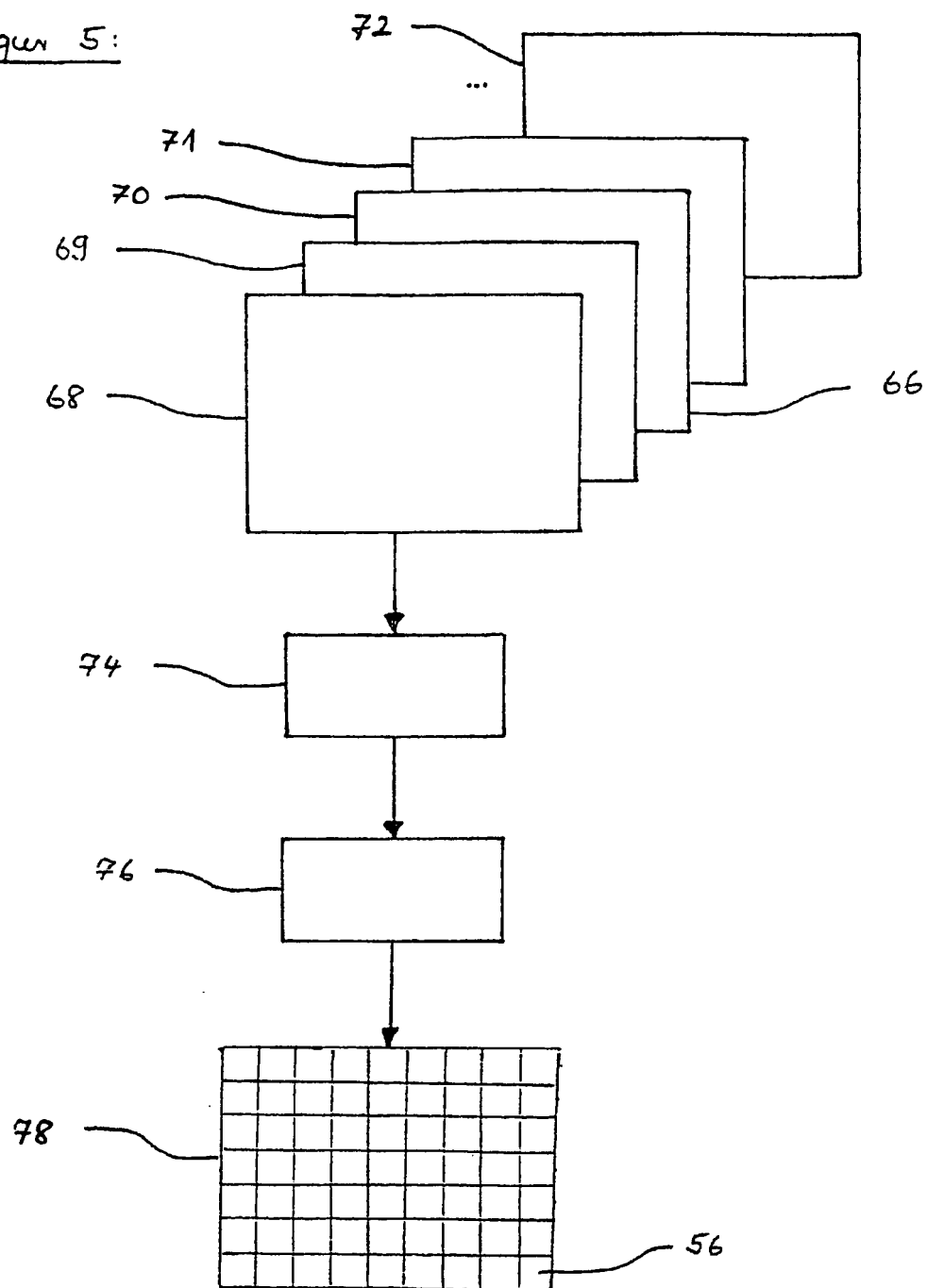


Figure 5:

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/02101

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04N5/217

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H04N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	WO 02 082804 A (HOEFFLINGER BERND ;SCHERJON CORNELIS (DE); STUTTGART MIKROELEKTRON) 17 October 2002 (2002-10-17) page 3, line 25 -page 12, line 16 page 14, line 18 -page 24, line 29 ---	1-12
X	DE 43 05 251 C (ELTRO GMBH) 5 May 1994 (1994-05-05) page 6, line 29 - line 59 figure 1 ----- -/--	1-10, 12

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *A* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 October 2003

Date of mailing of the international search report

09/10/2003

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Wentzel, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 03/02101

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>KAVADIAS S ET AL: "A LOGARITHMIC RESPONSE CMOS IMAGE SENSOR WITH ON-CHIP CALIBRATION"</p> <p>IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS, IEEE INC. NEW YORK, US,</p> <p>vol. 35, no. 8, August 2000 (2000-08),</p> <p>pages 1146-1152, XP001075115</p> <p>ISSN: 0018-9200</p> <p>abstract</p> <p>----</p>	11
A	<p>WO 97 48225 A (SIMAGE OY ;CAO TIELANG (FI); PYYHTIAE JOUNI ILARI (FI); SPARTIOTIS) 18 December 1997 (1997-12-18)</p> <p>-----</p>	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/02101

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 02082804	A	17-10-2002	DE 10117833 C1 WO 02082804 A1	12-09-2002 17-10-2002
DE 4305251	C	05-05-1994	DE 4305251 C1	05-05-1994
WO 9748225	A	18-12-1997	GB 2314227 A AU 3033397 A WO 9748225 A1 EP 0904655 A1 JP 2000513518 T NO 985823 A	17-12-1997 07-01-1998 18-12-1997 31-03-1999 10-10-2000 15-02-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/02101

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H04N5/217

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H04N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P, X	WO 02 082804 A (HOEFFLINGER BERND ; SCHERJON CORNELIS (DE); STUTTGART MIKROELEKTRON) 17. Oktober 2002 (2002-10-17) Seite 3, Zeile 25 - Seite 12, Zeile 16 Seite 14, Zeile 18 - Seite 24, Zeile 29 ---	1-12
X	DE 43 05 251 C (ELTRO GMBH) 5. Mai 1994 (1994-05-05) Seite 6, Zeile 29 - Zeile 59 Abbildung 1 --- -/--	1-10, 12

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

2. Oktober 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

09/10/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Wentzel, J

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/02101

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>KAVADIAS S ET AL: "A LOGARITHMIC RESPONSE CMOS IMAGE SENSOR WITH ON-CHIP CALIBRATION" IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS, IEEE INC. NEW YORK, US, Bd. 35, Nr. 8, August 2000 (2000-08), Seiten 1146-1152, XP001075115 ISSN: 0018-9200 Zusammenfassung</p>	11
A	<p>WO 97 48225 A (SIMAGE OY ;CAO TIELANG (FI); PYYHTIAE JOUNI ILARI (FI); SPARTIOTIS) 18. Dezember 1997 (1997-12-18)</p>	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/02101

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 02082804	A	17-10-2002	DE 10117833 C1	12-09-2002
			WO 02082804 A1	17-10-2002
DE 4305251	C	05-05-1994	DE 4305251 C1	05-05-1994
WO 9748225	A	18-12-1997	GB 2314227 A	17-12-1997
			AU 3033397 A	07-01-1998
			WO 9748225 A1	18-12-1997
			EP 0904655 A1	31-03-1999
			JP 2000513518 T	10-10-2000
			NO 985823 A	15-02-1999